

AMORTIGUADORES DE TIEMPO EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN TIPO A: METODOLOGÍA PARA SU OBTENCIÓN Y ANÁLISIS

EDWIN ALBERTO GARAVITO HERNÁNDEZ

*Profesor Asistente Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Universidad Industrial de Santander
garavito@uis.edu.co*

NESTOR RAUL ORTIZ PIMIENTO

*Profesor Asistente Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Universidad Industrial de Santander
nortiz@uis.edu.co*

MARIA DEICY SUAREZ PORTILLA

*Ingeniera Industrial UIS
msuarez@albatros.uis.edu.co*

RESUMEN

El desempeño de una planta de producción tipo A se encuentra condicionado por los Recursos Restrictivos de Capacidad, éstos son los recursos que determinan el ritmo de producción, por lo tanto se convierten en un punto crítico al momento de resolver problemas relacionados con el exceso de inventario, la programación de la producción y el aumento en el costo del producto terminado. Por esta razón se planteó una metodología, la cual permite controlar y proteger la restricción del sistema de producción de situaciones como por ejemplo, las variaciones del tiempo de procesamiento en las estaciones de trabajo, la dependencia entre ellas y el efecto Murphy que se presenta durante la producción. Con esta metodología se conoce el tamaño factible del Amortiguador de Tiempo, garantizando un flujo continuo de material, disminución el nivel de Inventario y mejorando la eficiencia en el sistema productivo.

PALABRAS CLAVE: *Amortiguador, restricción, planta, recurso, variaciones, murphy, balanceo.*

ABSTRACT

The performance of the production of type A plant is conditioned by the restrictive resources of capacity. These resources determine the production rhythm, making them the critical factor in solving problems related to the units' excess, schedule of production and the increase in the final product cost. This is why a procedure was established to protect and control the restrictions in the production system in situations like, time variations in the production process at work stations, the dependence among them and the murphy effect that is presented during the production. Thanks to this procedure, it is possible to know the size of the time buffer which guaranties the permanent material flow, decrease in production stocks and improve the efficiency of the production system.

KEY WORDS: *Shock absorber, restriction, plant, resource, variations, murphy, Balance.*

INTRODUCCIÓN

El presente artículo plantea una solución para las industrias interesadas en implementar la Teoría de Restricciones de Eliyahu Goldratt a fin de lograr un flujo constante del material a lo largo de la planta de producción. En la mayoría de los casos la implementación de este tipo de soluciones son costosas, debido a que se realizan a prueba y error hasta encontrar la mejor solución que se adapte al sistema productivo, sacrificando la producción. Por lo tanto se ofreció una alternativa para encontrar una solución, utilizando como herramienta para la simulación del sistema productivo, el Software PROMODEL.

Todo sistema productivo presenta restricciones de capacidad (RRC) en la planta de producción, las cuales determinan el ritmo del sistema productivo, por esta razón y para obtener un flujo constante del material, se hace necesario controlar este tipo de restricción.

Para alcanzar este objetivo, se realizaron las pruebas de simulación tomando como base el comportamiento de una Planta Tipo A, que incluye la estación de trabajo con restricción de capacidad. Una vez identificada la restricción, se estableció el ritmo de la producción y posteriormente el AMORTIGUADOR DE TIEMPO necesario para soportar las distintas perturbaciones ocasionadas por la variabilidad, la dependencia y el efecto Murphy en el sistema productivo.

El AMORTIGUADOR DE TIEMPO se conoce como el tiempo extra en el cual las estaciones de trabajo no restrictivas deberán trabajar para tener un inventario de seguridad frente a la restricción RRC antes de que se dé inicio a la producción.

Para conocer el comportamiento del amortiguador en las diferentes ubicaciones de la restricción en la planta, se crearon tres escenarios diferentes para la simulación, es decir, se diseñaron tres líneas de producción en las cuales la ubicación del RRC es la única variante. De esta manera, luego del proceso de simulación y del análisis de la eficiencia del sistema de producción, se obtuvo una solución factible del tamaño del amortiguador en cada uno de los tres escenarios.

MARCO TEÓRICO SOBRE AMORTIGUADORES DE TIEMPO EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

Definición del amortiguador de tiempo

El amortiguador de tiempo es el intervalo de tiempo en el cual se libera una tarea antes de conocer la presencia de

variaciones en el sistema, siendo el tiempo necesario para garantizar que un recurso crítico siempre se encuentre trabajando a lo largo de la línea de producción independientemente de los problemas que se presentan¹. Una de las formas de proteger la restricción es comenzar la producción en un tiempo más temprano de lo requerido, para tener el tiempo suficiente para reaccionar a las perturbaciones inesperadas y asegurar que el programa de producción no se retrase. Por lo tanto se necesita establecer un AMORTIGUADOR DE TIEMPO que permita explotar la restricción.

Explotar la restricción significa sacarle el mayor provecho, en términos de una meta predeterminada. Debido a que cuando se trabaja con varios productos la clave está en el contenido del trabajo sobre el cual se decide activar la restricción, pero cuando se trabaja con un solo producto es necesario poner a trabajar la restricción todo el tiempo. Ya que la composición del contenido del trabajo de una restricción está condicionada por el tiempo, la protección o el amortiguador debe expresarse en unidades de tiempo. Cuando se consideran aplicaciones en la producción, algunos administradores suelen utilizar la intuición para establecer EL AMORTIGUADOR DE TIEMPO.

Administración del amortiguador

La administración que utiliza la Teoría de Restricciones (TOC) es un tipo de administración por reacción, que toma decisiones cuando el amortiguador se encuentra vacío. Por lo tanto se debe tener cuidado al asignar su tamaño, ya que la magnitud del amortiguador se debe encontrar en función del grado de variabilidad que existe dentro de la planta y del grado en el que están cargadas las no restricciones.

Si la planta tiene algunas máquinas con tiempos de preparación largos, averías frecuentes y restricciones muy cargadas, entonces se requiere de un amortiguador grande para proteger la restricción y evitar la presencia de vacíos en este amortiguador, ya que la administración toma decisiones en el momento en el que se encuentre un vacío en éste a causa de la presencia de discontinuidades en el sistema productivo, por lo tanto se investiga y registra la causa, corrigiendo el problema sin interrumpir el flujo del producto, esperando que la capacidad de protección de las no restricciones que alimentan a la restricción sea suficiente para llenar el amortiguador cuando este ha sido consumido por la presencia de discontinuidades en la producción, antes que el efecto

¹Chase Aquilano Jacobs. Ediciones McGraw-Hill, Octava Edición. Administración de Producción y Operaciones, 2003. Pág. 804.

de Murphy y las diferentes variaciones del sistema, ataquen una vez más el flujo del producto².

TOC utiliza la administración del amortiguador para identificar los problemas más graves, corrigiendo y atacando los problemas que surgen; Por consiguiente parece lógico que se alcance una mejora en la producción al corregir los problemas en la planta que trabaja con la TOC, que en una planta idéntica que trabaja con Justo a Tiempo (JIT). Ya que una planta que funciona con JIT provoca interrupciones en el flujo durante la identificación de los problemas; En cambio en una planta que trabajo con la TOC identifica las interrupciones potenciales en el flujo e intenta corregirlas antes que se interrumpa el flujo del producto. Todo esto con el fin de obtener un balanceo continuo en el flujo del producto, a través de un mejoramiento continuo en el sistema productivo.

Tamaño del amortiguador de tiempo

El tamaño del AMORTIGUADOR DE TIEMPO debe ser tan largo como sea necesario, para garantizar que los puntos críticos de la planta no afecten el flujo del producto. En teoría el tamaño del amortiguador puede calcularse estadísticamente, examinando datos de ejecución posteriores o por medio de la simulación del proceso³. En cualquier caso la precisión no es un punto crítico, pero generalmente se realiza basándose en la experiencia de los administradores de producción . Cuando se utiliza un inventario de amortización frente a una operación crítica (Recurso Restringido), se esta refiriendo a un AMORTIGUADOR DE TIEMPO, para garantizar que el centro de trabajo crítico RRC se encuentre trabajando, independientemente de cuales productos programados vayan a ser trabajados y de los inconvenientes que se generen en la planta. Por lo tanto se considera al AMORTIGUADOR DE TIEMPO como una protección contra las perturbaciones desconocidas, debido a la naturaleza estocástica de las éstas es difícil determinar el AMORTIGUADOR DE TIEMPO con precisión, puesto que se desconoce donde ocurrirán y cuanto tiempo permanecerán en el sistema. Aun cuando se tenga el tiempo y los recursos necesarios para reunir los datos estadísticos del comportamiento de las perturbaciones, solamente se podrá conocer una curva de probabilidad.

La probabilidad que un recurso supere una perturbación se puede tomar en función del tiempo como lo indica la

Figura 1, donde el 20% de los casos la perturbación dura 5 minutos y en el 1% de los casos la perturbación dura 2 días. En la Figura 2, se representa la probabilidad de terminar una tarea a través de muchas operaciones en función del tiempo (desde la liberación de la tarea). Se puede ver que ésta curva jamás llega a un 100% de probabilidad, debido a que al moverse hacia intervalos de tiempo cada vez más largos, la probabilidad de superar las perturbaciones se incrementa pero nunca alcanza la certeza.

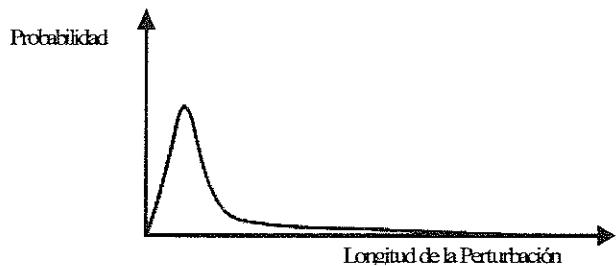


Figura 1. La probabilidad de completar una tarea a través de muchas operaciones como función del tiempo desde ola liberación de la tarea.

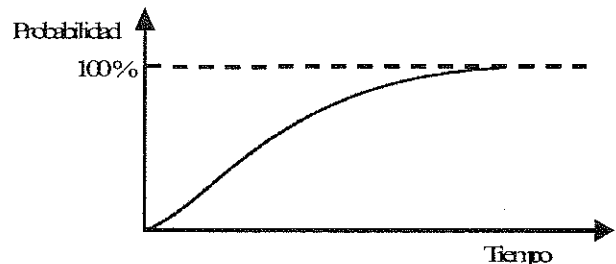


Figura 2. La probabilidad de superar una perturbación en un recurso en particular como función del tiempo que se toma.

La determinación de la longitud del AMORTIGUADOR DE TIEMPO, es algo que depende del juicio de expertos, por lo mismo se requiere ser cauteloso y no escoger un amortiguador muy largo, porque el tiempo total de manufactura aumentará y por lo tanto se liberaría material antes de ser requerido su uso, inflando los niveles de inventarios promedio del producto en proceso y producto terminado. Como resultado de esto se incrementara la necesidad de que la empresa posea más efectivo, determinando su postura competitiva futura y elevando el costo de manejar inventario; Por otra parte si se escogen AMORTIGUADORES DE TIEMPO corto, el tiempo de respuesta promedio sería rápido y se tendría que estar preparado para expeditar mucho y tener entregas poco confiables. Por lo tanto es importante que la empresa ponga la decisión de la longitud de los amortiguadores en manos de las personas directamente responsables del desempeño general de la empresa.

² Goldratt Eliyahu. El Síndrome del Pajar. Ediciones Castillo, México, 1994. Pág. 128

Necesidad de los amortiguadores de tiempo

La capacidad productiva disponible de un recurso se ve disminuida, debido a las diversas discontinuidades presentes en el proceso productivo. Si ocurre una alteración en un RRC o cuello de botella, puede perjudicar la cantidad y la continuidad del flujo del producto, dañando el comportamiento de la planta de producción. Por esta razón se debe tener cuidado con las discontinuidades que se presentan, ya que son impredecibles y no hay forma de conocer por anticipado cual herramienta se va a romper o cual máquina funcionara mal y producirá material defectuoso, por esto es conveniente proteger el flujo del producto incluyendo un tiempo adicional en el programa de producción, (AMORTIGUADOR DE TIEMPO). Este tiempo adicional puede ocasionar que haya un poco de exceso de material en el sistema, pero mejorará considerablemente el flujo del producto y la eficiencia del sistema.

Beneficios de la implantación de los amortiguadores en una planta de producción

Con la implantación de un sistema de protección en una determinada planta de producción, (AMORTIGUADORES DE TIEMPO) se obtienen múltiples beneficios en el proceso productivo, ya que los operadores se sienten seguros en la realización de la operación cuando el amortiguador se encuentra lleno en su puesto de trabajo, además las plantas de producción que utilizan este mecanismo de protección obtienen un rápido ritmo de producción, con el cual se mejora la calidad, la flexibilización en la operación, se disminuyen los costos, se absorben interrupciones y se mejora la eficiencia del sistema de producción.

MARCO TEÓRICO DE LAS PLANTAS TIPO A

Las plantas tipo A, son aquellas en las que se ensamblan productos en proceso a lo largo del flujo del producto hasta obtener pocos productos terminados, los cuales provienen de la transformación de diferentes materias primas que entran al sistema.

Características de la planta tipo A

Las interacciones dominantes que representan a una planta tipo A, son consideradas de gran importancia, ya que son las que determinan el comportamiento de ésta. Por lo tanto se deben tener en cuenta los aspectos dominantes que

permiten controlar y proteger el flujo del producto. A continuación se explicaran cuatro características presentes en este tipo de plantas.

- El rasgo distintivo de este tipo de plantas es el ensamble del número de piezas fabricadas, concentradas en un número pequeño de artículos finales. Cada punto de ensamble representa una disminución en el número de distintos tipos de productos, ya que combinan una o más piezas para formar una nueva y por lo tanto después de las operaciones de transformación y ensamblaje del producto en proceso, el número de productos finales diferentes se reduce drásticamente.
- Las piezas componentes son exclusivas para artículos finales específicos. Ya que durante la evolución de la operación las estaciones de ensamblaje se van haciendo mas específicas, para determinados tipos de productos finales.
- Las rutas de Producción para las piezas componentes son distintas, de acuerdo al tipo de producto fabricado. Por lo tanto es normal que una pieza manufacturada haya tenido 50 operaciones, mientras que otra requerida para el mismo conjunto haya necesitado pocas operaciones.
- Las máquinas y herramientas utilizadas en la Producción suelen ser de uso múltiple, en una planta tipo A. Por lo tanto la maquinaria debe ser adaptable, ya que esta se utiliza para procesar un gran número de piezas diferentes.

Identificación de los problemas

El procesamiento de productos en grandes lotes produce un flujo del material con un comportamiento cíclico. Debido a que el empleo de estos en un centro de trabajo ocasiona que los centros subsecuentes reciban el material en una forma muy errática. Este flujo errático de material ocasiona dos problemas que parecen ser contradictorios, pero que son típicos de las plantas tipo A. El primero es la utilización insatisfactoria de los recursos, que consiste en los tiempos muertos que se generan en los centros de trabajo mientras llega el material necesario para procesar, lo cual no permite la utilización máxima del recurso. El segundo problema es el uso frecuente del tiempo extra para cumplir con las fechas de entrega prometidas. El tiempo extra se requiere porque los centros de trabajo están ociosos durante largo tiempo por falta de material para procesar y cuando reciben este material es demasiado tarde, por lo tanto las fechas establecidas de entrega se ven afectadas.

El grado de utilización incorrecto de recursos y el uso del tiempo extra hacen que el trabajo sea poco productivo, ocasionando altos costos de producción. Al no tener información y control sobre el trabajo se presentan diversas contradicciones entre los niveles de poca utilización de los recursos y el uso de tiempo extra, así como en los excesivos inventarios y el constante apresuramiento de la programación.

En los puntos de ensamble también se presenta el exceso o carencia de material suministrado por los centros de trabajo que alimentan estos puntos. Esto afecta a las operaciones de ensamble que necesitan la disponibilidad de todas las piezas antes de iniciar sus respectivas operaciones, ya que la llegada de un gran lote de una sola pieza no es suficiente para permitir el inicio de las operaciones de ensamblaje. Este flujo de material de comportamiento cíclico, hace improbable que todas las piezas componentes estén disponibles cuando se necesiten; por esto, las operaciones de ensamble padecerán en forma constante de faltantes de una o más piezas requeridas para ensamblar el producto. Estas piezas faltantes se deben localizar en la planta y enviarse rápidamente para su ensamble.

Debido a la presencia de este tipo de oleadas de flujo de material hay cambios constantes en la ubicación de existencias de materiales. Esto puede dar una falsa impresión de que existan cuellos de botella que parecen "vagar" por la planta. La ocurrencia frecuente de faltantes requiere movimientos constantes para apresurar el flujo de material, por lo tanto los administradores de las plantas A suelen tener problemas para entender las incongruencias que abundan en la planta.

A pesar de que hay altos inventarios de producto en proceso y de piezas componentes, hay una preocupante escasez de piezas, debido a la incorrecta asignación de recursos, generando exceso de un producto específico y escasez de los productos requeridos para el ensamble, entonces se presenta la necesidad de apresurar el flujo de los materiales.

Conceptos de la Manufactura Sincrónica Aplicados a la Planta Tipo A

En las plantas tipo A, los aspectos más importantes se encuentran en función de los problemas más serios (mala utilización de los recursos, tiempo extra excesivo, insuficiencia de piezas y cuellos de botella errantes) ya mencionados anteriormente. Aunque es probable que estos problemas conduzcan a un mal servicio al cliente, el

aspecto crítico en las plantas tipo A son los altos costos del producto terminado. Por lo tanto es necesario crear e implantar una estrategia que elimine definitivamente estos problemas, con el fin de reducir los altos costos de producción. La falta de control del flujo crítico del material, conlleva a implementar en el sistema productivo la estrategia de Manufactura Sincrónica, que consiste en identificar y eliminar la causa principal del síndrome de exceso y carencia de material en las plantas tipo A, con el fin de obtener un flujo constante que permita igualar la carga de trabajo en las diversas estaciones, ya sean o no de ensamble. Esto resolverá en gran parte el problema de la baja utilización del recurso y el uso excesivo de tiempo extra para compensar la pérdida de capacidad. Por tanto se necesita tomar medidas en el proceso para eliminar o reducir ese fenómeno.

Al manejar pequeños tamaños de lotes en el proceso y transferencia de materiales, el flujo cíclico y sincrónico de estos, reduciría el inventario y establecería un flujo de material más uniforme. Ya que las plantas tipo A se caracterizan por tener más de un RRC, antes de implantar las posibles soluciones se deben identificar las restricciones que limitan el desempeño del sistema, una vez identificadas las restricciones se pueden determinar los AMORTIGUADORES DE TIEMPO para proteger el rendimiento específico del sistema contra las numerosas discontinuidades que se presentan, implantándolo con el fin de reducir el problema para controlar el número requerido de componentes en el ensamble, en especial los productos en proceso que son necesarios en la fabricación de diversos productos finales.

METODOLOGÍA PARA CONOCER EL TAMAÑO FACTIBLE DEL AMORTIGUADOR DE TIEMPO EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN ESPECÍFICA

Es importante garantizar en una planta de producción un flujo continuo del producto, incorporando un Amortiguador de tiempo para proteger y controlar su RRC o Cuello de Botella, obteniendo una mejora en la eficiencia del sistema, disminuyendo el nivel de inventario y balanceando el flujo del producto. Para lograr estos resultados fue necesario conocer los conceptos básicos de la TOC y seguir los siguientes pasos que se describen a continuación.

1. En la Planta tipo A seleccionada se debe realizar un diagrama de flujo que permita conocer la interacción entre las estaciones de trabajo e identificar las características de este tipo de planta en la producción.

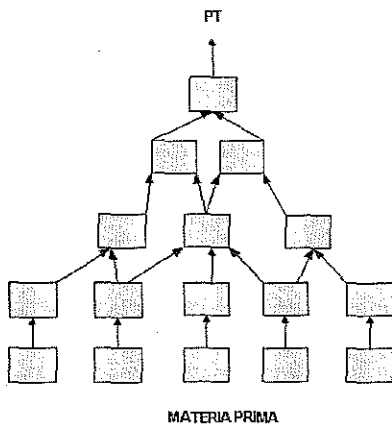


Figura 3. Diagrama de la Planta Tipo A.

2. Verificar si los tiempos de operación de las estaciones de trabajo poseen una distribución Normal con rango de aceptación mayor al 80% y definir los respectivos parámetros. Para esto se debe conocer el comportamiento estocástico de los tiempos de operación en las estaciones de trabajo.

3. Una vez definidos los parámetros de los tiempos de procesamiento en las estaciones de trabajo, es necesario identificar el RRC o Cuello de Botella y su ubicación, ya que será este el que determine la capacidad productora de la planta de producción. Es adecuado realizar las aclaraciones del sistema de producción a simular entre las que se encuentran:

- La disponibilidad de materia prima
- Sistema push o pull
- La variabilidad

4. Diseñar un diagrama de flujo donde se describan las interacciones entre estaciones, almacenes y productos (MP, PP y PT), en el cual se especifique para cada estación de trabajo las entradas de material y su procedencia, la distribución del tiempo de operación (parámetros), operaciones de ensamble, las salidas y destinos de materiales. Este Diagrama es fundamental para posteriormente realizar la programación del modelo en el Software Promodel.

5. Elaborar un Diagrama de Programación de la Producción, para conocer idealmente (Sin variaciones en el sistema) el tiempo necesario de Pre calentamiento⁵, y el ritmo con el cual se produce una pieza en el sistema (FP).

⁵ Tiempo durante el cual debe trabajar el sistema de producción antes de que llegue el material al RRC.

6. Se debe establecer el tiempo de simulación según el número de horas que la empresa tenga en funcionamiento la producción y conociendo la frecuencia con que se produce un producto (FP), se debe calcular el valor de CN (1). La variable respuesta del modelo de simulación son las unidades procesadas que salen del sistema real (CR). Estos datos se transforman en eficiencia (2), dividiéndolos entre el valor ideal de la Capacidad Nominal (CN) de la planta en el periodo simulado

$$CN = (\text{Tiempo de Simulación} / FP) \text{unid} \quad (1)$$

$$E = CR / CN \quad (2)$$

CN Número de unidades producidas por sistema sin la presencia de variaciones

CR Número de unidades procesadas en la simulación

E Eficiencia del sistema

7. Posteriormente se debe conocer el número de replicas necesarias para simular el modelo de Promodel con un número considerable de replicas y contabilizar el número de unidades producidas (CR) en promedio por el sistema durante el tiempo de simulación, para cada replica, hasta obtener un número constante promedio de unidades producidas por el sistema, Figura 4, cuando esto se establezca se conocerán el número de replicas a utilizar en el Software Promodel para la simulación.

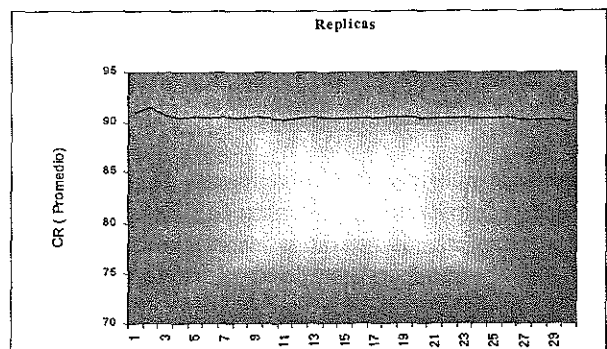


Figura 4. Número promedio de unidades producidas por el sistema.

8. Se debe establecer el tambor del sistema, ya que es considerado el punto de control o ritmo de la producción, que al incluirlo en el sistema productivo reduce la variabilidad y la dependencia durante el flujo del producto. El ritmo del tambor es determinado por la restricción, por lo tanto para conocerlo se debe utilizar como herramienta el Software Promodel. Es importante tener una aproximación real del tambor y de acuerdo al comportamiento que tuvo la restricción frente a su funcionamiento, se puede determinar

el AMORTIGUADOR DE TIEMPO necesario en la Restricción del sistema, que soportará las variaciones, dependencias e intervenciones del efecto Murphy en el sistema de producción. Para calcularlo (Tambor) se utiliza un vector en la programación del software Promodel el cual permite guardar el tiempo real que demora un producto, desde que sale del almacén hasta que sale de la estación donde se encuentra ubicada la restricción. Introduciendo el vector en el Software Stat:Fit se puede conocer la distribución de tiempo con la cual se describe la llegada de materia prima a los almacenes según el requerimiento de la restricción, luego se programa el tambor en el software Promodel desde el Menú *Arrivals*.

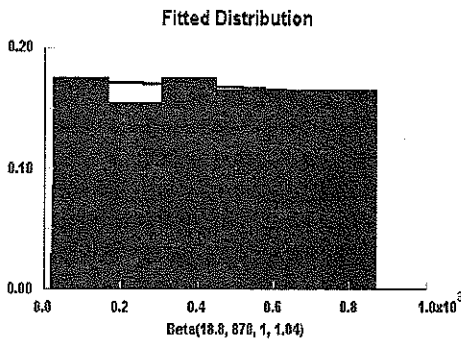


Figura 5. Distribución de tiempo del TAMBOR.

Utilizando los registros de la presencia del efecto Murphy en el sistema de producción como daños en las máquinas y discontinuidades impredecibles, se debe establecer el tiempo promedio en el que estos estuvieron presentes en el sistema y programarlo en el Software Promodel, para que la simulación sea lo más real posible.

Se debe realizar la programación de la estación que soporte las unidades producidas por la incorporación del Amortiguador de Tiempo "Amort". Esta debe ser ubicada al frente de la Restricción (RRC). El estado de la estación de trabajo "Amort.", se conoce por medio de las estadísticas del software Promodel e indicadores, donde el administrador del amortiguador pueda controlarlo. En la planta de producción se pueden instalar indicadores de colores en la estación "Amort", de manera que cuando éste se encuentre de color Verde, indicará que se encuentra con su máxima capacidad "lleno" y por lo tanto ante la presencia en el sistema de variaciones, dependencias y el efecto Murphy, éste podrá garantizar que la restricción siga trabajando. El indicador de color amarillo permite conocer que se ha utilizado parte del material existente en la estación "Amort.", pero aun queda suficiente para proteger a la restricción; y por último el color Rojo indicará que en el

amortiguador se puede presentar un agujero en cualquier momento, debido a la falta de algún material que debería estar en el amortiguador, éste presentará una falla. Cada agujero presente en el amortiguador debe analizarse y registrarse, ya que los problemas que más se presentan en la lista de causas, como preparaciones o descomposturas prolongadas, son variables que presentan una alta prioridad para ser corregidas.

Para obtener el tamaño factible del amortiguador de tiempo se utilizará como punto de partida el tamaño del amortiguador calculado por medio de la siguiente ecuación (5):

$$ICP = [1 - (TENR/TER)] \tag{3}$$

$$IEC = [1 - (D/T)] \tag{4}$$

$$TA_1 \gg [D * [1 - ICP * IEC]] \{min\} \tag{5}$$

$$Unidades TA_1 = TA_1 / FP \tag{6}$$

- Cp Capacidad Protectora de los Recursos no restrictivos
- ICP Índice de la Capacidad Protectora de las estaciones de trabajo no restrictivas
- IEC Índice de la Eficiencia de la Capacidad Protectora ante la Presencia de Murphy
- D Tiempo promedio en el que Murphy permanece en el sistema
- TA1 Tamaño del Amortiguador utilizando la ecuación
- TENR Tiempo Promedio de operación de las estaciones de trabajo no restrictivas
- TER Tiempo Promedio de operación de la estación de trabajo restrictiva
- T Tiempo de simulación
- FP Frecuencia de producción de un producto en la planta general tipo A

Utilizando esta información se deben realizar incrementos y decrementos de TA₁ y a través de la simulación de estos se establece cual es el tamaño factible del amortiguador, el cual le brindara la máxima eficiencia al sistema, garantizando que no se produzcan huecos en la estación "Amort" que es la encargada de soportar las piezas producidas por el amortiguador y balanceando el flujo del producto en la planta de producción explotando lo más posible a la restricción.

La ecuación TA₁ se puede aplicar en cada una de las estaciones de trabajo no restrictivas, teniendo en cuenta el tiempo promedio de procesamiento de estos recursos. La formula (TA₁) se planteo basándose en la estación no restrictiva más lenta que se encuentre antes de la Restricción, sin tener en cuenta la ubicación de la restricción en el sistema.

Para escoger el tamaño factible del amortiguador de tiempo (TA_2) se debe analizar el número de unidades procesas por el sistema (CR), el estado de la estación "Amort" la cual no puede presentar tiempos vacíos y el tiempo de operación de la restricción. Esto se debe realizar para cada uno de los diferentes valores obtenidos a través de los decrementos e incrementos de TA_1 . Con base en esta información y en la eficiencia arrojada del sistema se conoce el tamaño factible del Amortiguador de tiempo (TA_2). Se debe tener en cuenta que un aumento en el tamaño factible (TA_2) no representa ningún cambio en los resultados del modelo ya que a partir de este (TA_2) la eficiencia del sistema permanece constante; Y una disminución en TA_2 representaría agujeros en el amortiguador y una baja eficiencia en el sistema. Se recomendó realizar una gráfica de eficiencia Vs. Tamaño del Amortiguador para conocer visualmente el comportamiento de este hasta encontrar el tamaño factible del amortiguador de tiempo.

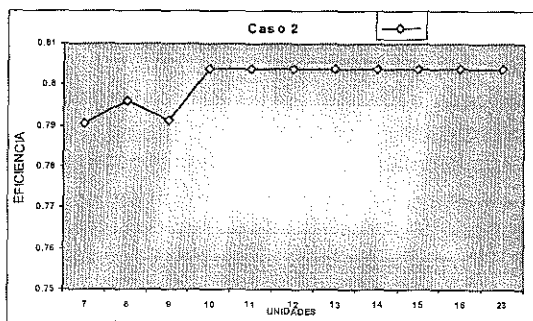


Figura 6. Comportamiento de los incrementos y decrementos de TA_1 .

Una vez se haya controlado y protegido la restricción RRC o Cuello de Botella en el sistema por medio del tamaño factible del amortiguador de tiempo (TA_2). El amortiguador debe ser administrado bajo el concepto de la Teoría de Restricciones, tomando decisiones cuando se presenten agujeros en el amortiguador de tiempo ya que las TOC trabaja bajo una administración reactiva, por esta razón se debe identificar, analizar, investigar y registrar la causa de la existencia de estos agujeros, enfocando el esfuerzo de mejoramiento continuo en aquellos factores que ocasionan los vacíos más frecuentes y graves en el amortiguador, ya que una vez eliminados tales problemas, se puede disminuir la presencia de vacío en la región del amortiguador, realizando nuevamente el estudio para reducir el tamaño de éste y disminuir el tiempo de ciclo, sin afectar la eficiencia del sistema. De esta forma se controla la restricción, hasta llegar a un punto en que la restricción no sea más un RRC, pero como es inevitable que en una planta de producción halla un RRC se deben volver a seguir los 5 pasos que indica Eliyahu Goldratt en la Teoría de Restricciones.

CONCLUSIONES

- La metodología presentada en este artículo para estimar el tamaño de un amortiguador de tiempo en una línea de producción tipo A, puede considerarse como un procedimiento de apoyo a las actividades tradicionales de programación de la producción, porque por medio de él, es posible establecer con un alto grado de precisión y sin necesidad de realizar pruebas reales en la planta de producción, el tamaño del amortiguador de tiempo requerido para proveer sin interrupciones el material requerido por un Recurso Restrictivo de Capacidad.
- El valor obtenido de TA_1 a partir de la fórmula presentada en el artículo, pierde eficiencia en la medida en el Recurso Restrictivo de Capacidad se encuentre más alejado del origen de la línea de producción; esto se debe a que las variaciones acumuladas son mayores para los puestos de trabajo situados al final de la línea de producción que para los puestos de trabajo situados al inicio. Sin embargo, se debe entender, que al calcular el valor provisional de TA_1 antes de correr el software de simulación, la cantidad de pruebas requeridas para llegar al valor factible (TA_2) se reduce considerablemente
- Siguiendo la metodología planteada, se puede corroborar que para una misma línea de producción, el tamaño del amortiguador de tiempo requerido por el RRC será mayor a medida que la línea de producción se encuentra mejor balanceada; es decir, a mayor diferencia entre los parámetros del RRC y los recursos no restrictivos, la capacidad protectora de los recursos no restrictivos aumenta, dando una mayor protección al amortiguador de tiempo, por esta razón el tamaño disminuye aumentando la eficiencia del sistema.
- Es necesario establecer el tambor en el sistema de producción, ya que permite disminuir el efecto de las variaciones y dependencias en el sistema, marcando el ritmo de producción. El comportamiento estocástico del Tambor presentó una distribución Beta (Tiempo) y su incremento depende de la profundidad que tenga la restricción dentro del diseño de la planta tipo A. La implementación del Tambor es importante, ya que su tamaño permite conocer la frecuencia con que le llega al almacén materia prima evitando que se generen grandes acumulaciones de inventario y garantizando un flujo continuo del material necesario en la producción, sirviendo como apoyo en el objetivo buscado con la incorporación del amortiguador en el sistema.

REFERENCIAS

- [1] SUAREZ, M. Aproximación del tamaño del amortiguador de tiempo en una línea de producción específica [trabajo de pregrado]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2004.

- [2] GOLDRATT E. La Meta, Editorial Castillo, México, 1996.

- [3] GOLDRATT E. No fue la suerte, Editorial Castillo, México, 1998.

- [4] GOLDRATT E. La Cadena Crítica, Editorial Castillo, México, 1999.

- [5] KONZ S. Diseño de Instalaciones Industriales, Editorial Limusa, México, 1997.

- [6] BLANCO R. Luis, y FAJARDO P. Iván, Simulación con Promodel, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Segunda Edición, 2003.